

# VALORACIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA DENTRO DE LOS PLANOS DE LOS PROYECTOS FIN DE CARRERA

M.L. Martínez Muneta <sup>1</sup>, A. Carretero <sup>1</sup>, I. Ortiz <sup>2</sup>, M.J. Sánchez Naranjo <sup>2</sup>

1: Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación  
ETS Ingenieros Industriales  
C/ Jose Gutiérrez Abascal, 2; 28006 Madrid

*e-mail: {luisa.mtzmuneta, a.carretero}@upm.es web: <http://www.gig.etsii.upm.es>*

2: Departamento de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística  
ETS Ingenieros Industriales  
C/ Jose Gutiérrez Abascal, 2; 28006 Madrid

*e-mail: {iortiz, mjsan}@etsii.upm.es web: <http://www.etsii.upm.es/ingor>*

**Resumen.** En la ETSII-UPM las asignaturas troncales de Dibujo Técnico bajo diferentes denominaciones se imparten en el primer curso de las titulaciones de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química. Dado que suele ser el PFC el primer documento en el que generalmente los alumnos incluyen planos, se pretende conocer y valorar el empleo que hacen de los conocimientos adquiridos en las asignaturas de Dibujo Técnico en la elaboración de los planos de los PFC. A través del análisis de los planos incluidos en los PFC se pretende conocer el grado de aplicación de estos conocimientos específicos en las distintas intensificaciones, la temática de los proyectos, tipo de información que contienen, empleo adecuado de las normas, herramientas empleadas en su elaboración, normativas empleadas, etc., con el fin detectar deficiencias, errores en conocimientos, malas prácticas en su ejecución, etc. y así disponer de información adicional que permita ajustar los contenidos, evaluación y metodología de las materias impartidas con el fin de mejorar la docencia. El estudio se ha realizado tomando como referencia los PFC de los últimos 4 años, para todas las especialidades y convocatorias.

**Palabras clave** dibujo de planos, proyectos, normalización

## 1. INTRODUCCIÓN

En la ETSII-UPM las asignaturas troncales de Dibujo Técnico bajo diferentes denominaciones se imparten en el primer curso de las titulaciones de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química. A lo largo de la carrera habitualmente los alumnos sí hacen uso con frecuencia de las destrezas adquiridas y practicadas en ellas, sin embargo una parte importante de los conocimientos específicos asociados a esas materias se aplican con bastante flexibilidad a lo largo de los estudios, por emplearse habitualmente en dibujos a mano alzada y no en planos, por lo que en el transcurso de la carrera es poco habitual que los alumnos tengan que poner en práctica buena parte de los conocimientos específicos impartidos en dichas materias, y cuando deben hacerlo, la tolerancia ante los errores, incluso los muy graves, suele ser elevada [1].

Esta situación ha motivado la realización de un análisis crítico del empleo que los alumnos hacen a medio plazo de los conocimientos específicos asociados a estas materias, con el fin de disponer de datos reales que permitan plantear posibles mejoras en el Proyecto Docente, proponiendo alternativas para actualizar los contenidos de las enseñanzas que se imparten y también esquemas pedagógicos de renovación de métodos. El estudio en el que está fundado este proyecto se ha realizado mediante la colaboración de profesores de la ETSII-UPM pertenecientes a diferentes Áreas (Proyectos, Estadística, y Expresión Gráfica en la Ingeniería).

El objetivo principal del Proyecto era conocer si los alumnos mantienen unos conocimientos que en su momento adquirieron y demostraron, y también dónde los aplican, con el fin de poder hacer hincapié y mejorar

nuestras enseñanzas al poder detectar algunas de las posibles deficiencias en el aprendizaje a lo largo del tiempo.

## **2. TIPOLOGÍA Y NATURALEZA DEL PFC.**

La tipología y naturaleza del PFC en la Carrera de Ingeniería Industrial es tan rica y variada como lo es el sector industrial hacia el que se encamina el alumno que lo aborda [2] [3].

A pesar de ello, y sin carácter limitativo, para la realización de este estudio se han considerado las siguientes tres modalidades:

- **Modalidad 1: Proyecto clásico de ingeniería**

La característica principal de este tipo de proyectos es que su estructura ha de adaptarse a la requerida por los proyectos oficiales que necesitan el visado de los Colegios profesionales, es decir, memoria, planos, pliego de condiciones y presupuesto. La mayor parte de los proyectos de este tipo versan sobre la realización de instalaciones industriales de todo tipo o la implantación de un procedimiento en cualquier campo industrial. Sin embargo también se aplica, por ejemplo, al diseño de una máquina o de cualquier sistema que haya de ser entregado a un cliente en unas ciertas condiciones.

- **Modalidad 2: Trabajos teórico - experimentales**

Trabajos de naturaleza teórica, computacional y/o experimental, que constituyan una contribución a la técnica en los diversos campos de la ingeniería incluyendo, cuando proceda, evaluación económica y discusión y valoración de los resultados. Serían, entre otros, proyectos de I+D+I de todo tipo, cálculos por elementos finitos de sistemas mecánicos, desarrollo de aplicaciones informáticas, simulaciones bajo ordenador de principios físico-químicos, etc.

- **Modalidad 3: Estudios técnicos, organizativos y económicos**

Realización de estudios relativos a equipos, sistemas, servicios, etc., relacionados con los campos propios de la titulación, que traten cualquiera de los aspectos de diseño, planificación, producción, gestión, explotación y cualquier otro propio del campo de la ingeniería, relacionando cuando proceda distintas alternativas técnicas con evaluaciones económicas, y la correspondiente discusión y valoración de resultados. En esta modalidad encajarían, por ejemplo, un plan estratégico de marketing, un plan de calidad, un estudio de viabilidad o un informe técnico sobre un sector industrial.

Se ha analizado previamente si existe evolución en la tipología de los Proyectos Fin de Carrera (PFC) realizados por los alumnos de la ETSII-UPM desde 1984 hasta 2005. Para ello se disponen de dos bases de datos:

La primera contiene 9 promociones: tres más antiguas correspondientes a 1985, 1986 y 1987; la promoción del año 1994 que sirve como punto intermedio, y finalmente las cinco promociones comprendidas entre los años 2000 y 2004. De las cuatro primeras promociones sólo se dispone de la Tipología del PFC, el sexo del alumno y por supuesto la promoción a la que pertenecen. Las demás promociones corresponden a las últimas promociones en las que el plan 2000 de la titulación de Ingeniero Industrial ya estaba implantado, en algunas de ellas se tienen PFC de ambos planes 1976 y 2000. Para estas cinco promociones también se disponen de la Especialidad en la que realizan sus estudios, siendo estas 9 (automática, electricidad, mecánica-construcción, mecánica-máquinas, materiales, organización, química, técnicas energéticas y fabricación).

En primer lugar se ha realizado un cruce entre la Tipología del PFC, que, como ya se ha comentado en el apartado anterior, se ha clasificado en tres categorías (1= Proyecto Clásico de Ingeniería, 2= Innovación, investigación y desarrollo y 3= Estudio Organizativo) y la Promoción a la que pertenecen.

La figura 1 muestra para cada tipología el número de PFC que se han realizado en cada promoción.

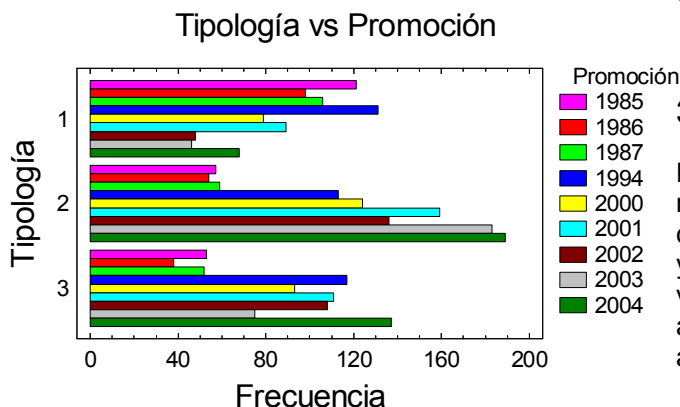


Fig. 1: Tipología vs Promoción

Se observa cómo en las promociones más antiguas, e incluso en la que se puede considerar intermedia, existe un predominio de realización de los PFC según la modalidad 1 (proyectos clásicos de Ingeniería), y cómo en las últimas promociones se realizan éstos en las otras modalidades (proyectos de Innovación y de tipo Organizativo).

Si además para las últimas convocatorias se realiza un análisis de la Tipología frente a la Especialidad o Intensificación, se obtienen los resultados que se presentan en la figura 2,

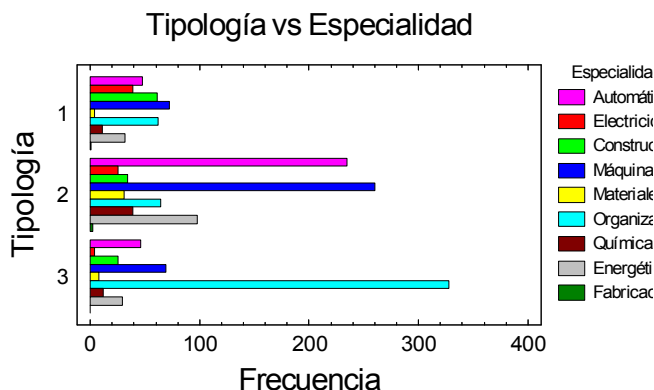


Fig. 2: Tipología por Especialidad. Cursos 2000-2005

Cabe destacar cómo las Especialidades representadas por 1= Electrónica y Automática, la 4= Máquinas y la 8= Técnicas Energéticas realizan su PFC en la Tipología de innovación, investigación y desarrollo, mientras que la especialidad 6= Organización lo realiza de forma clara en estudios organizativos.

La especialidad en la que se desarrollan mayor número de PFC como proyectos clásicos de ingeniería (tipología 1) es la 3= Construcción.

### 3. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se ha realizado tomando como referencia los PFC de la tipología 1 (proyecto clásico) presentados entre los cursos 2005-06 y 2006-07, y se centra en el análisis y valoración del empleo de los conocimientos asociados a las materias de Dibujo Técnico atendiendo a diversos criterios, tales como:

- Especialidad del proyecto
- Temática de los proyectos
- Temática de los planos
- Empleo de las Normas
- Herramientas empleadas en la elaboración de los mismos

Se han estudiado estos proyectos ya que se dispone físicamente de los mismos, hecho que no sucede con el resto de las promociones. Periódicamente los PFCs se destruyen garantizando así la confidenciabilidad de los mismos.

Se ha empleado la codificación de la ETSII para clasificar las diferentes especialidades, quedando de la siguiente forma:

1. Automática-Electrónica
2. Eléctricos
3. Construcción
4. Máquinas
5. Materiales
6. Organización
7. Química
8. Energéticas
9. Fabricación

### 4. MEDIOS EMPLEADOS

Se ha contado con un becario para la introducción de los datos de las evaluaciones de los proyectos realizadas por los profesores, de acuerdo a los criterios seleccionados que aparecen en los cuestionarios del anexo. Estos cuestionarios han permitido la elaboración de dos bases de datos relacionadas, y para facilitar la introducción de los datos y el acceso simultáneo desde puntos diversos se diseñaron unas páginas ASP. Posteriormente

se realizaron los análisis cuyos resultados se muestran en el siguiente epígrafe.

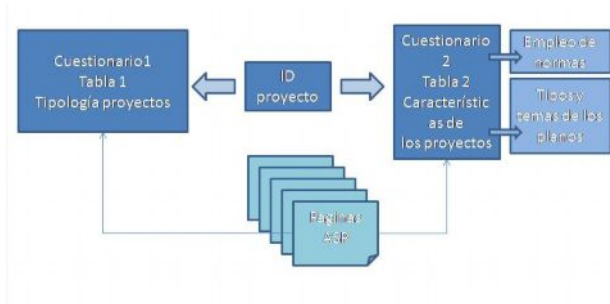


Fig. 3. Proceso de introducción de los datos

Los datos generales de la muestra tomada para la realización del estudio son los mostrados en la Tabla 1.

Nº Proyectos	56
Convocatorias	Cursos 2005-06 a 2006-07
Especialidades	Todas excepto Materiales y Fabricación
Nº total de planos	1996

Tabla 1. Datos generales de la muestra

servicio, o al diseño de una máquina o cualquier componente específico de la instalación, para la realización de este estudio, y sin carácter limitativo, se han establecido cuatro tipologías de proyectos atendiendo a la naturaleza del problema principal a resolver, y que no depende exclusivamente de la especialidad en que se realice.

- Infraestructuras industriales
- Instalaciones de servicios a edificios o industrias
- Edificaciones industriales completas
- Diseño

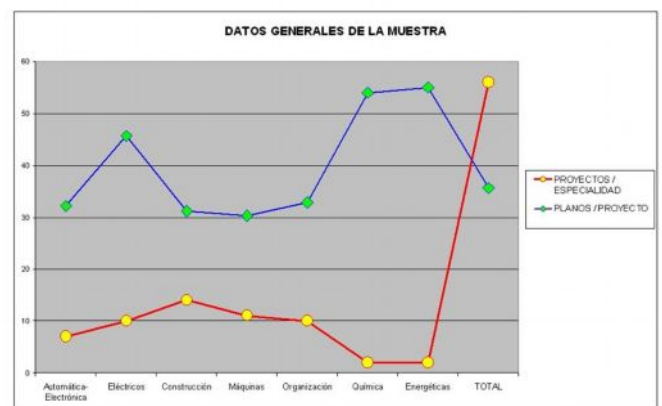


Fig. 4: Número de planos por especialidad

## 5. PLANOS POR ESPECIALIDAD

En la figura 4 se muestra la distribución de los Proyectos analizados y los planos por cada Proyecto, atendiendo a la especialidad. Se observa que la media de planos por especialidad oscila entre 30 y 60 planos, siendo más numerosos en las especialidades Química y Energética. No se incluyen las especialidades de Materiales y de Fabricación debido a que en ellas no existían proyectos que contuvieran planos entre su documentación.

### 5.1. Temática de los proyectos tipo 1

Dado que en este estudio solo se consideran aquellos Proyectos que incluyen planos en la documentación, y que en un mismo Proyecto puede haber planos de contenido muy variado, combinando por ejemplo planos de la estructura de una edificación, con planos de la implantación de una nave, o planos correspondientes a las instalaciones de un

En la figura 5 se muestra la distribución de los Proyectos analizados atendiendo a la temática principal del Proyecto:

Se observa que predominan los proyectos asociados a instalaciones.

En la Fig. 7 se muestra la distribución de proyectos por temas según la especialidad expresada en unidades, y en la Fig. 8 se expresa en porcentaje.

Hay que dejar claro que la muestra analizada no permite deducir cuales son los temas de interés de los PFC de una especialidad, sino solo de aquellos que incluyen planos en su documentación, por ser los únicos que se han considerado.

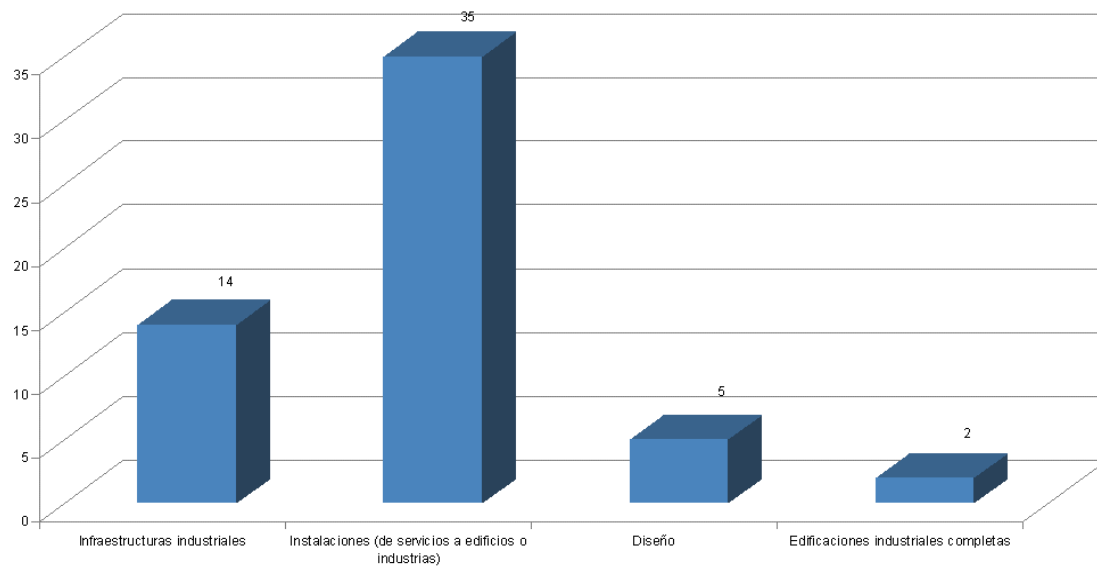


Fig. 5: Proyectos analizados según la temática

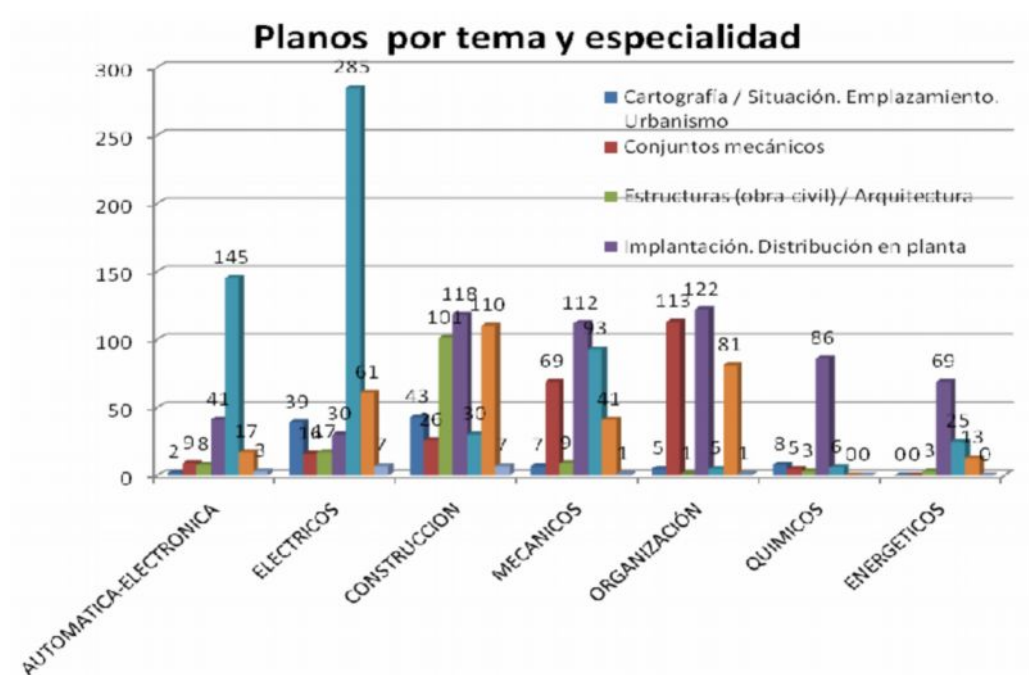


Fig. 7: Distribución temática de los Proyectos según la especialidad

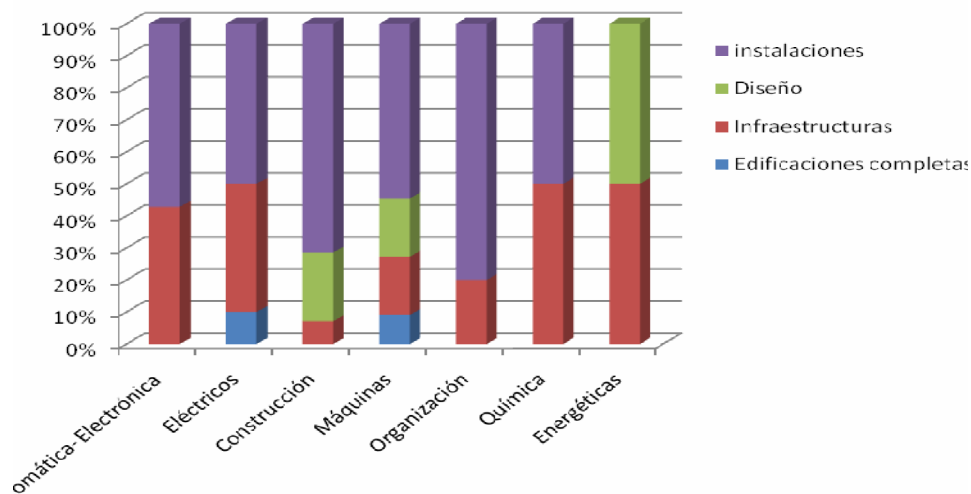


Fig. 8: Distribución porcentual de la temática de los proyectos según la especialidad

## 5.2. Número de planos analizados

En la Fig. 9 se muestra la distribución de los planos analizados atendiendo a la especialidad.

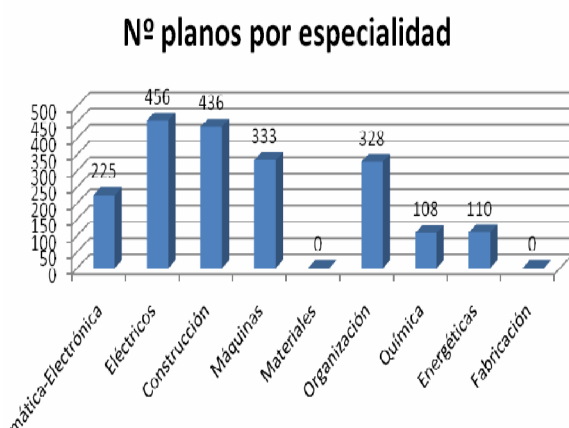


Fig. 9: Número de planos según especialidad

Se considera que, para las especialidades de las que hay planos, se pueden obtener datos suficientes para deducir conclusiones válidas para los objetivos de este estudio.

## 5.3. Según la información contenida

Independientemente del tema principal del Proyecto, se ha establecido la siguiente clasificación de los planos atendiendo a su contenido:

- Cartografía / Situación. Emplazamiento. Urbanismo
- Conjuntos mecánicos
- Estructuras (obra civil) / Arquitectura
- Implantación. Distribución en planta
- Instrumentación y Control / Diagramas / Esquemas
- Instalaciones / Servicios
- Planos con información de origen externo

Destaca el empleo de planos con contenido relacionado con los apartados Instrumentación y Control/Diagramas/Esquemas, y los de Implantación y/o Distribución en planta, así como los planos de instalaciones y/o servicios.

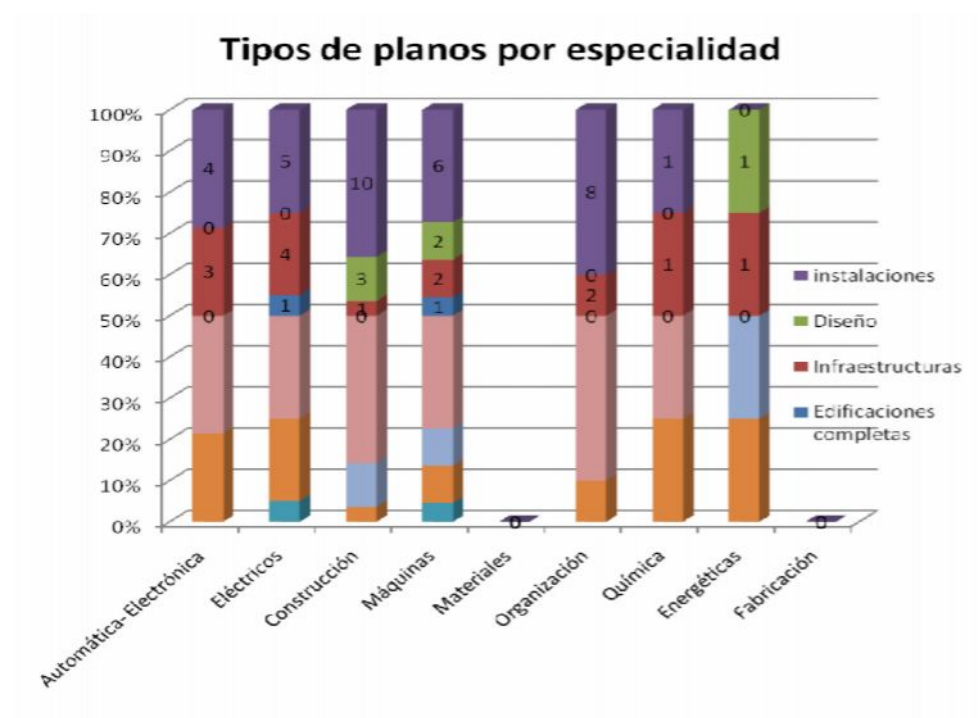


Fig. 10: Tipos de planos por especialidad

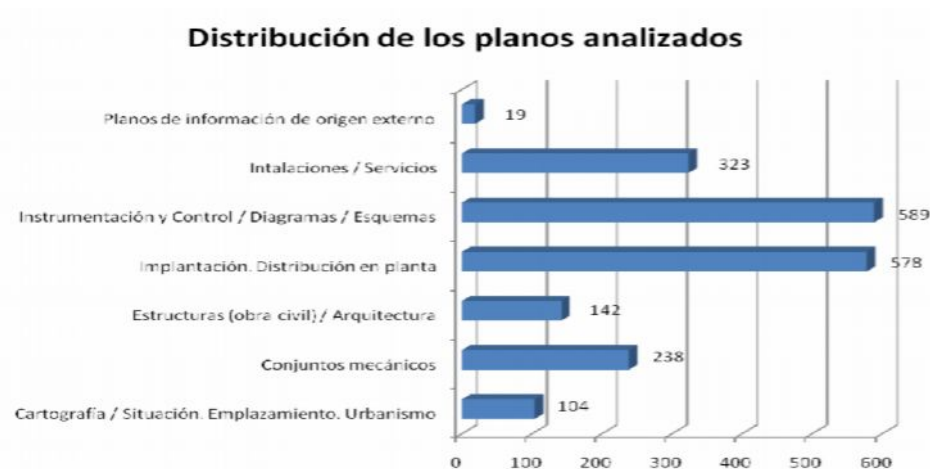


Fig. 11: Distribución de los planos analizados

## 6. EMPLEO DE LAS NORMAS

Una de las características fundamentales que definen a los sistemas de representación en los que se basa el dibujo técnico es la **universalidad** de los documentos, lo que exige el cumplimiento de una normativa que en algunos casos es muy rigurosa. En todo plano es imprescindible incluir información sobre las condiciones en que se ha elaborado, lo que se conoce habitualmente como metadatos.

En la figura 12 se muestra la aplicación de las normas de dibujo relacionadas con el cajetín que debe contener todo plano. En la figura 13 se ofrecen los tamaños de papel empleados.

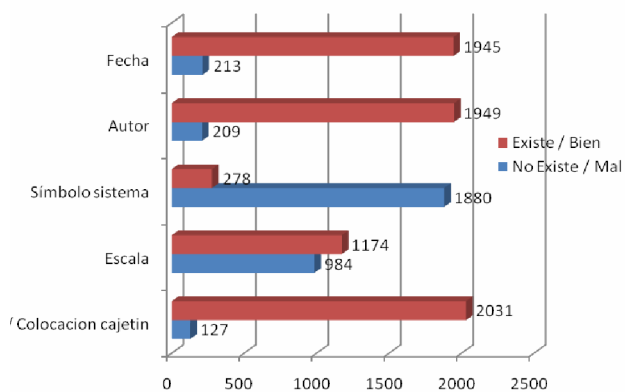


Fig. 12: Utilización del cajetín y sus componentes



Fig. 13: Numero de planos examinados por tamaño

En la figura 14 se muestra la aplicación de las normas de dibujo relacionadas con otros elementos del dibujo.

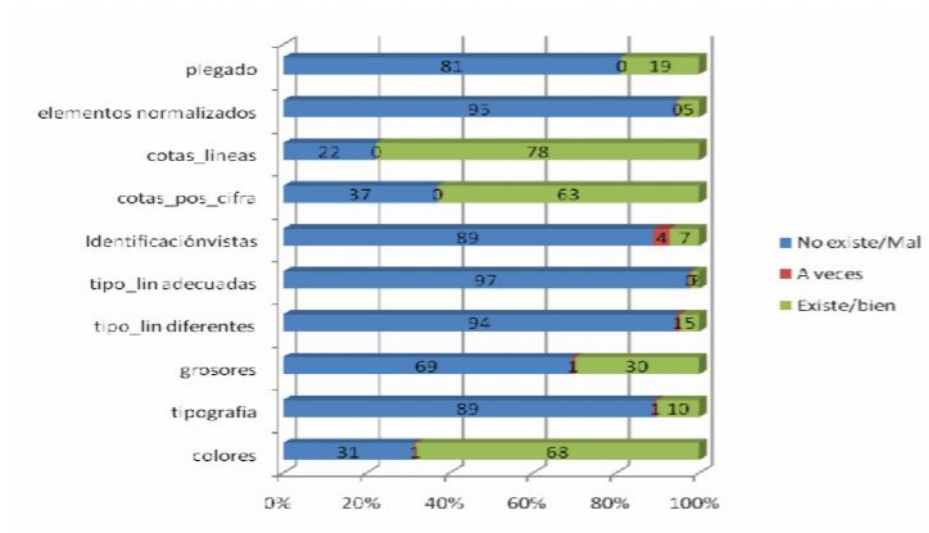


Fig.14: Aplicación de las normas en %.

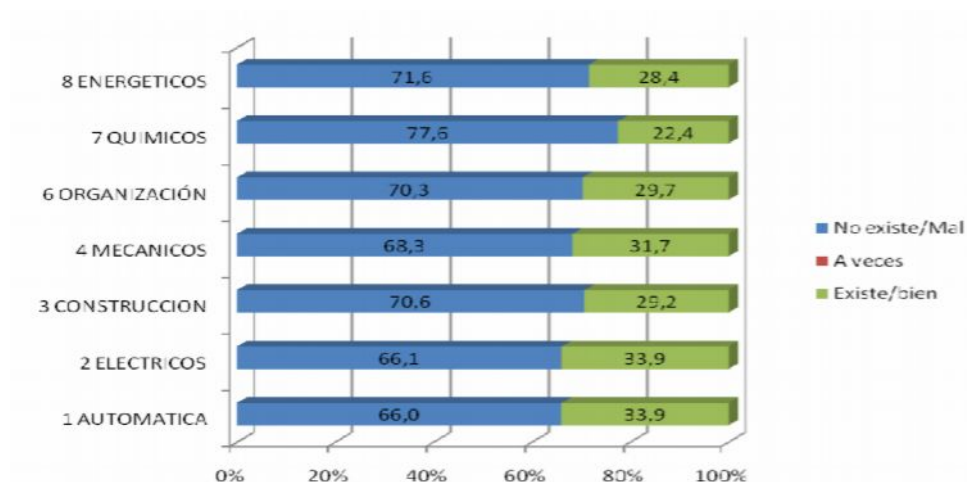


Fig. 2: Aplicación de las normas por especialidad



En la figura 15 se desglosa la aplicación de las normas de dibujo relacionadas con otros elementos del dibujo según las especialidades.

En la figura 16 se muestra un resumen global de la aplicación de las normas.



Fig. 16: Resumen global de aplicación de las normas de dibujo (en %)

Este grafico resulta muy ilustrativo. Lamentablemente buena parte de los conocimientos y actitudes que se inculcan en las asignaturas troncales relacionadas con la expresión grafica, se pierden al pasar unos pocos años

## 7. HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN

Todos los planos analizados estaban elaborados con alguna herramienta de CAD, y fundamentalmente con AutoCAD. Solamente estaban elaborados con otro software (concretamente con SolidEdge, software del que dispone la ETSII para diseño mecánico) un 5% de los planos de la especialidad de Máquinas. En la Figura 17 se muestra la valoración de los conocimientos de la herramienta de CAD, así como de la apariencia global de los planos.

Se observa que el nivel de conocimientos del software empleado es insuficiente, así como la calidad de la presentación de los planos, lo que no entra en contradicción con el cumplimiento deficiente de las normas que se desprende de la figura 16.

## Valoración del CAD

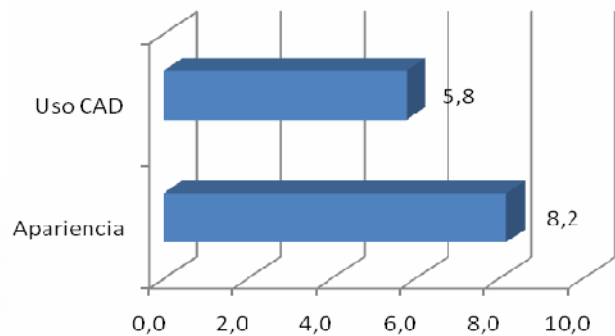


Fig. 17: Utilización de CAD en la elaboración de planos y su apariencia

## 8. CONCLUSIONES

Dado que la programación del Proyecto Docente debe establecer criterios que permitan valorar los procesos de enseñanza y los grados de consecución de los objetivos, produciendo acciones de retroalimentación sobre objetivos y métodos, y proponiendo alternativas para actualizar los contenidos de las enseñanzas que se imparten y también esquemas pedagógicos de renovación de métodos, resulta sumamente interesante la elaboración de estudios como el presente.

La muestra de proyectos analizados se ha considerado suficiente y del análisis estadístico realizado se pueden destacar las siguientes conclusiones fundamentales:

- La inclusión de planos en la documentación de los proyectos se realiza en casi todas las especialidades, si bien es más frecuente en construcción, máquinas, organización y eléctricos.
- La información que contienen con más frecuencia es de los tipos: implantación, distribución en planta, instrumentación y control, diagramas, esquemas, e instalaciones.
- El tipo de plano más empleado es un dibujo 2D.
- No hay un comportamiento diferenciado por especialidad.

- Los planos más realizados corresponden a los esquemas para instrumentación y control.
- Los conocimientos específicos de Expresión Gráfica no se aplican correctamente.
- No se puede deducir si las carencias son debidas al desconocimiento del uso del software, aunque se estima que éste no es el origen del problema. Por otra parte se detectan errores que se estiman que pueden ser atribuibles a directamente a la ejecución de los programas y que los alumnos dan por buenos por la confianza que estas aplicaciones les merecen.
- El software empleado mayoritariamente es AutoCAD, del que la UPM dispone de licencia de campus y del que no se da formación específica en la ETSII.
- Los alumnos confían en los resultados que ofrecen las herramientas CAD dando por buenos las soluciones que éstas le ofrecen, aunque estas no sean correctas.
- Bastantes conocimientos específicos considerados fundamentales en la expresión gráfica y que en su momento demostraron, son incumplidos en la aplicación profesional.

## 9. PROPUESTAS

- El plan de estudios de Ingeniería Industrial (plan 2000) permite flexibilidad a los alumnos para elaborar su proyecto curricular particular, por lo que una de las primeras decisiones adoptadas es la inclusión de una asignatura de libre elección denominada **“Dibujo orientado a Proyectos”**, con un contenido claramente dirigido a la elaboración de los planos de los Proyectos. Esta asignatura se ha iniciado ya en este nuevo curso, y hay que destacar que se han cubierto todas las plazas ofertadas (50 plazas).

- Mayor colaboración con los profesores de Proyectos con el fin evitar estos errores.

- Inclusión del dibujo en base a esquemas, diagramas, etc. dentro del currículo del alumno.

## 10. REFERENCIAS

- [1] Aneca. “Libro Blanco. Título de Grado en Ingeniería de la Rama Industrial. [http://www.aneca.es/activin/activin\\_conver\\_LLBB\\_indus.asp](http://www.aneca.es/activin/activin_conver_LLBB_indus.asp).
- [2] M.B. Prendes, F.J. de Cos, G. Martínez Huerta, A. Bello; Adaptación de la expresión gráfica en la ingeniería de minas al EEES; 15º Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Valladolid 2007, [http://www.eup.uva.es/15cuieet/templates/default/files/Informacion\\_exposicion\\_de\\_p\\_onencias.pdf](http://www.eup.uva.es/15cuieet/templates/default/files/Informacion_exposicion_de_p_onencias.pdf)
- [3] J.M. Mesa, M.B. Prendes, A. Bello, F.J. Suárez, A. Martín, G.M. Martínez; Representación gráfica en proyectos: nuevas herramientas y metodologías, (2007)
- [4] M.J. Sánchez Naranjo, I. Ortiz Marcos, J.R. Cobo Benita; Evolución del concepto de proyecto. Aplicación al análisis de la tipología de proyectos fin de carrera en la ETSII-UPM”; Lugo 2007
- [5] M.L. Martínez Muneta 1, A. Carretero, I. Ortiz 2, M.J. Sánchez Naranjo [“Valoración del empleo de la ingeniería gráfica en los proyectos fin de carrera”](#). Jornadas de intercambio de experiencias en innovación educativa en la UPM. 16-17 de septiembre 2008.